

每周工作汇报

姓名	侯字轩	开始日期	2018.10.15	结束日期	2018.10.21
----	-----	------	------------	------	------------

1. 本周任务与计划

1.1 研究任务

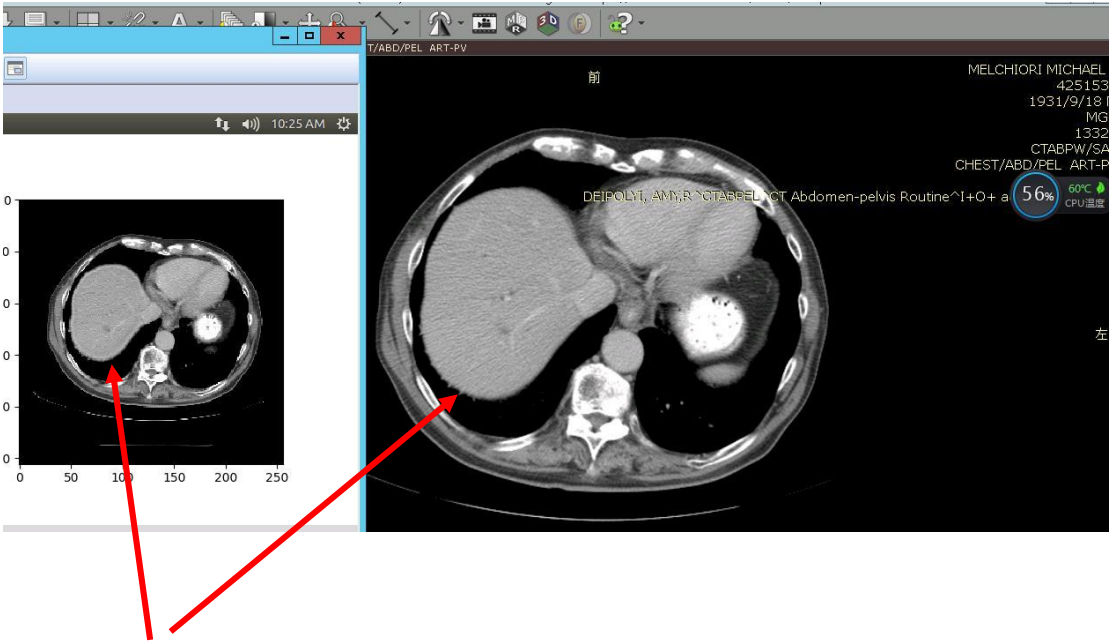
阅读蔡老师新布置的论文：PDE-Net: Learning PDEs from Data，学习其中的方法，思考如何用其对 level-set 进行改进，来应用在神经纤维瘤分割上。

对之前的深度学习肝脏配准工作进行调整。

2. 本周工作概要

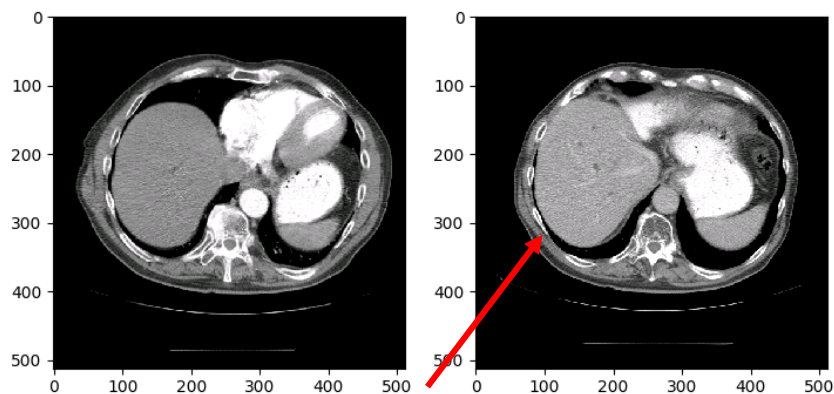
2.1 当前的进展

上周发现，训练用的图像出现了肝脏周围带白圈的问题。与原始数据对比图如下：



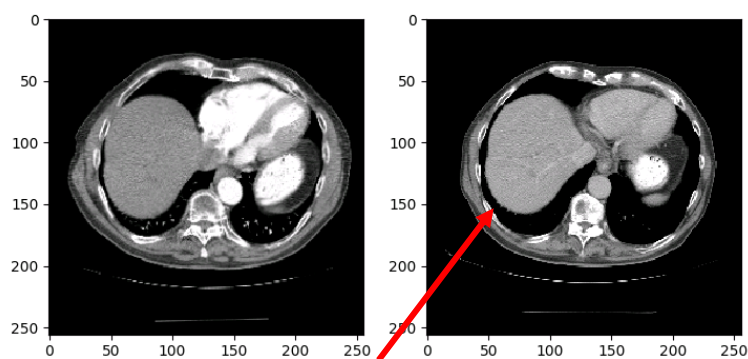
左图是训练用数据，右图是原始 DICOM 数据。可以明显的发现（可以放大查看），左图肝脏边缘部分有白色的亮环。上周讨论时，蔡老师认为是配准时产生的错误。

检查之后，发现如果去掉对数据一开始的重采样（在配准之前，用于将数据从 $512 \times 512 \times 512$ 改为 $256 \times 256 \times 256$ ），那么亮环就会消除。



如图，取消重采样后亮环消失。

后来加入重采样，并将重采样方法从 B 样条改为最近邻插值，亮环仍然消失，问题解决。



问题可能的出现原因：一般来说，插值法不会出现插值结果比控制点（原图）还亮的情况。可能是由于 `scipy` 的 B 样条插值函数自带填充功能（比如在一些缺口处填 0，然而在 CT 图像之中 0 并不是暗区（`width=400, level=40`），所以出现亮环。

学习情况：对 Stanley Osher 和 Ronald Fedkiw 的文章 Level Set Methods and Dynamic Implicit Surfaces 进行了学习。这两位是 Level Set 方法的始祖。

图像分割中原始的 Snake 方法：

令 $u_0(x, y) \rightarrow \mathbb{R}$ 为图像， $C(I): [0, 1] \rightarrow \mathbb{R}^2$ 是参数曲线。

$$F_1(C) = \alpha \int_0^1 |C'(s)|^2 ds + \beta \int_0^1 |C''(s)| ds - \lambda \int_0^1 |\nabla u_0(C(s))|^2 ds, \quad (12.1)$$

目标是维护 F 函数最小。其中前两项控制边界的光滑性（内部能量），第三项将边界向物体轮廓吸引（外部能量）。

实际上，让 F 函数最小，即是寻找图像梯度 $|\nabla u_0|$ 最大的地方，这样的模型效果与边界检测器相同。

一个边界检测器可以用关于图像梯度 z 的一个大于 0 的递减函数 $g(z)$ 表示。

$$\lim_{|\vec{z}| \rightarrow \infty} g(\vec{z}) = 0.$$

一个典型的例子是

$$g(\nabla u_0(\vec{x})) = \frac{1}{1 + |J * \nabla u_0|^p}$$

其中 $p \geq 1$ ， J 是方差 σ 的高斯函数。

与 (12.1) 的能量函数不同，可以构造变分水平集公式：

$$\begin{aligned} \phi_t &= |\nabla \phi| \nabla \cdot \left[g(\nabla u_0) \left(\frac{\nabla \phi}{|\nabla \phi|} \right) \right] \\ &= |\nabla \phi| \left(g(\nabla u_0) \kappa + \nabla g(\nabla u_0) \cdot \frac{\nabla \phi}{|\nabla \phi|} \right) \\ &= |\nabla \phi| g(\nabla u_0) \kappa + \nabla g(\nabla u_0) \cdot \nabla \phi. \end{aligned} \quad (12.3)$$

其中 ϕ 为水平集函数， κ 为曲率。

该函数代表的运动，法向速度等于其曲率乘以边缘检测器的值，加上边缘检测器的梯度。大多数的模型都与（12.3）形式相似，包含一个边缘检测器乘以曲率加上水平对流，而（12.1）中的前两项一般都被省略了。

2.2 周一交流情况

PDE-net 模型的主要功能有两个：

- 1.使用卷积拟合微分算子。
- 2.使用待定系数法，假设微分方程小于某个正整数阶，即

$$u_t(t, x, y) = F(x, y, u, u_x, u_y, u_{xx}, u_{xy}, u_{yy}, \dots), \quad (1)$$

的形式。那么将卷积核与微分算子的系数均作为可训练参数，训练可以得到偏微分方程的近似解，并可以据此继续预测后续动态。

一个问题是如何将最小化能量函数转为偏微分方程的形式。

学习资料后，发现问题的解决方法是采用欧拉-拉格朗日方程。

一个性质较好的泛函要取得极值（如，水平集中的能量函数），那么其解将会满足欧拉-拉格朗日方程条件：

$$-\frac{d}{dx} \frac{\partial L}{\partial f'} + \frac{\partial L}{\partial f} = 0$$

其中 L 为泛函。

那么现在想要求得水平集方法的偏微分形式，就需要对以下类型的能量函数应用欧拉-拉格朗日方程：

$$\begin{aligned}
 E(C_1, C_2, \phi) = & \mu \int \delta(\phi) |\nabla \phi| d\vec{x} \\
 & + \nu \int H(\phi) d\vec{x} \\
 & + \lambda_1 \int |u_0(\vec{x}) - C_1|^2 H(\phi) d\vec{x} \\
 & + \lambda_2 \int |u_0(\vec{x}) - C_2|^2 (1 - H(\phi)) d\vec{x}.
 \end{aligned} \tag{12.5}$$

蔡老师让我试着推导该方程。

3. 下周工作计划

通过修改了的重采样方法准备新数据。

阅读 PDE-net 代码，尝试读懂。

继续阅读 Level set 与微分方程知识。尝试推导水平集的欧拉方程。

附表：工作整理

任务类型	任务内容	截止日期	当前进度
工作	肝脏分割比赛 (浙一举办) 负责 registraion 部分	结束	对肝脏配准继续进行研究、调整。
工作	神经纤维瘤研究 (中期目标)		蔡老师提出新方法：使用偏微分方程网络 PDE-net 对 level set 进行

			改进。正在学习 相关内容。
--	--	--	------------------

本周工作时长：8 小时*5+ 3 小时*2 = 46 小时。